

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

008360471 **Image available**

WPI Acc No: 1990-247472/199033

XRFX Acc No: N90-192176

Measuring internal dia. and shape deviations of small bores - using fibre optical arrangement passing light to and from bore, evaluating receiver and special fibre optical component

Patent Assignee: FEINMECH MAINZ GMBH (FEIN-N)

Inventor: KLOTZ G

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 3903000	A	19900809	DE 3903000	A	19890202	199033 B

Priority Applications (No Type Date): DE 3903000 A 19890202

Abstract (Basic): DE 3903000 A

Light from a fibre optical transmitter is fed into the input end of a special fibre optical component, conducted through the fibres and emanates from the output end to be reflected from the internal wall of a bore.

The reflected light is coupled back into the output end of the fibre optical component and conducted to a fibre optical receiver which converts it into distance proportional voltage values.

USE/ADVANTAGE - Enables contactless, wear-free measurement of internal dia. and shape deviations of small bores, esp. of less than or equal to 5mm. (14pp Dwg.No.9/10)

Title Terms: MEASURE; INTERNAL; DIAMETER; SHAPE; DEVIATE; BORE; FIBRE; OPTICAL; ARRANGE; PASS; LIGHT; FORM; BORE; EVALUATE; RECEIVE; SPECIAL; FIBRE; OPTICAL; COMPONENT

Derwent Class: S02

International Patent Class (Additional): G01B-011/08

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-A03B1; S02-A03B3; S02-A09

?



DEUTSCHES
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 39 03 000.8
②② Anmeldetag: 2. 2. 89
④③ Offenlegungstag: 9. 8. 90

DE 3903000 A1

⑦① Anmelder:

Feinmechanische Werke Mainz GmbH, 6500 Mainz,
DE

⑦④ Vertreter:

Kramer, R., Dipl.-Ing.; Weser, W., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat.; Hoffmann, E., Dipl.-Ing., 8000 München;
Blumbach, P., Dipl.-Ing.; Zwirner, G., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing., Pat.-Anwälte, 6200 Wiesbaden

⑦② Erfinder:

Klotz, Günter, Dipl.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

⑤④ Verfahren zum Vermessen des Innendurchmessers und der Formabweichung von kleinen Bohrungen und
Vorrichtung zu seiner Durchführung

Bei einem Verfahren zum Vermessen des Innendurchmessers und der Formabweichungen von kleinen Bohrungen, indem Lichtwellen ausgesandt werden und deren Reflexion ausgewertet wird, ist vorgesehen, daß das Licht einer faseroptischen Sendelichteinrichtung in das Eintrittsende einer speziellen Faseroptikeinrichtung eingespeist wird, in der Faser geleitet und am Austrittsende herausgeführt wird und von einer Bohrungswand so reflektiert wird, daß es am Austrittsende der Faseroptikeinrichtung wieder eingekoppelt, zu einer faseroptischen Empfangseinrichtung geleitet und von dieser in abstandsproportionale Spannungswerte umgeformt wird. Bei einer Vorrichtung, die eine Meßeinrichtung mit einer Sendelichteinrichtung und eine Auswertungseinrichtung umfaßt, besteht die Sendelichteinrichtung aus einer faseroptischen Lichteinrichtung (30), deren Licht das Eintrittsende einer Faseroptikeinrichtung (S) aufnimmt, und es ist vorgesehen, daß die Faser in der Faseroptikeinrichtung (S) das Licht leitet und am Austrittsende herausführt und daß das von einer Bohrungswand reflektierte Licht am Austrittsende der Faseroptikeinrichtung wieder eingekoppelt zu einer optischen Empfangseinrichtung geleitet wird, die das Licht in abstandsproportionale Spannungswerte umformt.

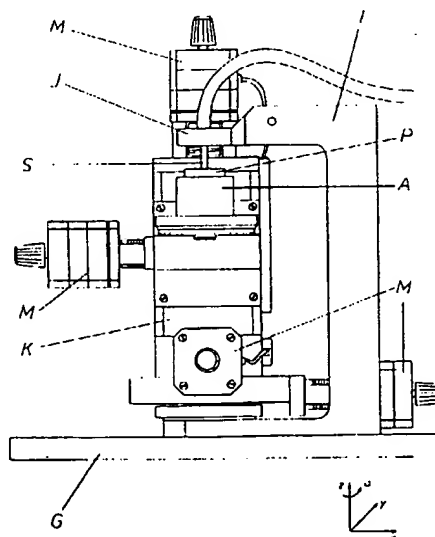


Fig. 1

DE 3903000 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vermessen des Innendurchmessers und der Formabweichungen von kleinen Bohrungen, indem Lichtwellen ausgesandt werden und deren Reflexion ausgewertet wird und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Die genaue und fertigungsnahe Vermessung von Bohrungen, besonders von solchen Bohrungen, deren Innendurchmesser im Bereich kleiner oder gleich 5 mm liegt, erfolgt heute vorzugsweise entweder auf mechanisch antastende Weise oder durch eine pneumatische, berührungslose Antastung.

Die fertigungstechnische Vermessung kleiner Bohrungen von Großserienteilen stellt auch heute noch ein nur unbefriedigend gelöstes Problem dar. Eine sehr genaue Prüfung von Serienteilen im Sinne einer 100%-Kontrolle ist aufgrund der Fertigungsumgebung (Öl, Schmutz, Kühlmittel, Temperatureinfluß) und der Empfindlichkeit einer Meßeinrichtung gegen diese Einflüsse nicht möglich, so daß in den meisten Fällen auf eine in klimatisierten Meßräumen durchzuführende Stichprobe zurückgegriffen wird.

Es sind daher weitere Verfahren bekannt geworden. Bekannt ist z. B. die Aussendung von akustischen Energie-Pulsen durch eine Sonde in zwei transversale Richtungen, wobei deren an der Bohrungswand erzeugten Echos wieder empfangen werden. Aus der zwischen der Pulsausstrahlung und der Echo-Detektion vergehenden Zeit werden die Bohrungsdimensionen rechnerisch ermittelt, wie es aus dem "World Patent Index — Abstract" (WPI 83-7 07 048/28) bekannt geworden ist.

Es sind auch Verfahren zur berührungslosen, optischen Vermessung von Bohrungen bekannt. So ist beispielsweise in der Zeitschrift "wt-Z. ind. Fertigung" 62 (1972), Seiten 205—209, ein optisches Verfahren beschrieben, bei dem es gelingt, den Durchmesser und die Formabweichung von Durchgangsbohrungen auf einem Gerät bei unveränderter Aufspannung zu messen. Zu diesem Zweck wird berührungslos und koaxial in die Bohrung eine hochgenau gefertigte Kugel als Reflektor eingebracht. Bringt man diese Anordnung in den Strahlengang eines Michelson-Interferometers, so entstehen am 45°-Breitenkreis der Kugel Interferenzfiguren, aus deren Gestalt man die Form- und Lageabweichungen der Bohrung bestimmen kann. Mit dem beschriebenen Verfahren lassen sich Bohrungskenngrößen von Bohrungsdurchmessern im Bereich von 1 mm noch sicher ermitteln. Dazu sind jedoch erhebliche, aufwendige, optische und mechanische Systeme, wie Michelson-Interferometer, und Meßmaschinenführungen erforderlich. Zudem läßt sich dieses Verfahren nur auf Durchgangsbohrungen anwenden, da der Meßort von einer Seite für den Beleuchtungsstrahl, von der anderen Seite für den Kugelreflektor zugänglich sein muß.

In der Zeitschrift "Feingerätetechnik", 31 (1982), Seiten 497—499, ist ein weiteres Verfahren zur berührungslosen Bohrungsmessung dargestellt. Hierbei finden ein Zweikoordinatenmeßgerät und ein Meßmikroskop Anwendung. In den Beleuchtungsstrahlengang eines kohärenten Parallelstrahlbündels, das unter einem Winkel α geneigt zur optischen Achse verläuft, wird der Prüfling mit der Bohrung eingebracht und anschließend eine Mikroskopscharfeinstellung auf die Bohrungsoberfläche durchgeführt. Man erkennt dann im Schattenbild der Bohrung in der Nähe der Bohrungswand mehrere gekrümmte Interferenzlinien und kann rechnerisch den Abstand des Scheitelpunktes S der ersten, zur Boh-

rungswand hingewendeten Interferenzlinie bestimmen. In die entsprechende Bestimmungsgleichung geht dabei nur die bekannte Lichtwellenlänge λ des Beleuchtungsstrahlenganges und dessen Neigungswinkel α zur optischen Achse ein. Führt man entsprechend der Mikroskopscharfeinstellung diese Messung in mehreren Ebenen und an mehreren Meßpunkten am Bohrungsumfang durch, so können sowohl die Bohrungsdurchmesser als auch die zugeordneten Formabweichungen erkannt und berechnet werden. Mit diesem Verfahren lassen sich sowohl sehr kleine Durchmesser im Bereich von 0,3 mm als auch einzelne Formsegmente von Innenkonturen bestimmen. Nachteil dieses Verfahrens bildet jedoch eine begrenzte Eintauchtiefe der interferentiellen Antastung, so daß Bohrungen nicht immer in ihrer vollständigen Länge erfaßt werden können.

Ferner ist aus der DE-PS 24 48 571 ein Verfahren zum berührungslosen Messen von Durchmessern und Querschnitten von Objekten bekannt. Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe einer Lichtquelle und eines optischen Systems z. B. der Querschnitt oder der Umriss einer Bohrung projiziert und eine Kantendetektion durchgeführt. Nachteil dieses Verfahrens ist die Tatsache, daß nur der Raddurchmesser bzw. der kleinste Querschnitt einer Bohrung erfaßt werden kann.

Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Vermessen des Innendurchmessers und der Formabweichungen von kleinen Bohrungen zu schaffen, das eine berührungslose und verschleißfreie dimensionelle Vermessung im fertigungsnahe Bereich in einer umfassenden Weise ermöglicht, wobei die beim Stand der Technik vorhandenen Beschränkungen überwunden werden.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß das Licht einer faseroptischen Sendelichteinrichtung in das Eintrittsende einer speziellen Faseroptikeinrichtung eingespeist wird, in der Faser geleitet und am Austrittsende herausgeführt wird und von einer Bohrungsinnenwand so reflektiert wird, daß es am Austrittsende der Faseroptikeinrichtung wieder eingekoppelt, zu einer faseroptischen Empfangseinrichtung geleitet und von dieser in abstandsproportionale Spannungswerte umgeformt wird.

Weitere Ausbildungen dieses Verfahrens sind in den Unteransprüchen 2 und 3 gekennzeichnet.

Die Erfindung macht gleichermaßen eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens verfügbar, wobei insbesondere ein vergleichsweise großer apparativer Aufwand vermieden wird. Diese Vorrichtung zur berührungslosen dimensionellen Vermessung des Innendurchmessers und der Formabweichungen von kleinen Bohrungen mit Hilfe einer Meßeinrichtung, die eine Sendelichteinrichtung und eine Auswertungseinrichtung umfaßt, zeichnet sich erfindungsgemäß dadurch aus, daß die Sendelichteinrichtung aus einer faseroptischen Lichteinrichtung besteht, deren Licht das Eintrittsende einer Faseroptikeinrichtung aufnimmt, daß die Faser in der Faseroptikeinrichtung das Licht leitet und am Austrittsende herausführt und daß das von einer Bohrungsinnenwand reflektierte Licht am Austrittsende der Faseroptikeinrichtung wieder eingekoppelt zu einer optischen Empfangseinrichtung geleitet wird, die das Licht in abstandsproportionale Spannungswerte umformt.

Weitere Ausbildungen und Weiterbildungen dieser erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in den weiteren Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Vorteile der Erfindung bestehen insbesondere darin, daß durch die Verwendung von Lichtwellenleitern und optischen Präzisionsbauelementen ein sehr hoher Miniaturisierungsgrad des eigentlichen Meßwertaufnehmers erreicht werden kann.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert werden. In diesen zeigt:

Fig. 1 das Prinzip einer Vorrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine Ausführungsform der Vorrichtung mit einer Umlenkung der Lichtstrahlwege durch die Anordnung der verwendeten Lichtleitfasern selbst;

Fig. 3 eine abgewandelte Ausführungsform, bei der in die Sensorendhülle ein kegelförmig geschliffener Präzisionsminiaturspiegel eingefügt ist;

Fig. 4 einen kegelförmig geschliffenen Miniatur-Präzisionsspiegel für die Ausführungsform nach Fig. 3;

Fig. 5 eine weitere Ausführungsform, bei der in die Sensorendhülle drei einzelne Miniatur-Präzisionsspiegel eingefügt sind;

Fig. 6 einen Miniatur-Präzisionsspiegel für die Ausführungsform nach Fig. 5;

Fig. 7 die Verteilung der Sende- und Empfangsfasern in den verwendeten faseroptischen Einrichtungen;

Fig. 8 den prinzipiellen Kennlinienverlauf des faseroptischen Sensors;

Fig. 9 das Blockschaltbild der Ansteuer- und Auswertelektronik; und

Fig. 10 das Blockschaltbild der Sende- und Empfangselektronik.

Fig. 1 zeigt das Prinzip der Vorrichtung zur Vermessung von kleinen Bohrungen gemäß der Erfindung. Auf einer stabilen Grundplatte *G* ist ein Kreuztisch *K* befestigt. Dieser Tisch ist in drei Linearachsen *x*, *y*, *z* und einer Drehachse ω schrittmotorgetrieben verfahrbar. Die Auflösung der drei Linearachsen beträgt $0,625 \mu\text{m}$ pro Schrittmotoreinzelschritt, die Auflösung der Drehachse $0,0025^\circ$ pro Schrittmotoreinzelschritt. An einem Träger *T*, der ebenfalls starr mit der Grundplatte *G* verbunden ist, befindet sich die zur Aufnahme einer Faseroptikeinrichtung in der Art eines faseroptischen Sensors *S* dienende Justierhalterung *J*. Mit Hilfe von Justiervorrichtungen ist es möglich, die Faseroptikeinrichtung *S* achsparallel zur Bohrungssachse des Prüflings *P*, der in einer Aufspannung *A* befestigt ist, auszurichten. Zur Meßwertaufnahme wird der Prüfling *P* durch die Schrittmotoren *M* rechnergesteuert so positioniert, daß die Faseroptikeinrichtung *S* in einer festgelegten Schnittebene in die Bohrung des Prüflings *P* eintaucht. Mit Hilfe eines vom Steuerrechner durchgeführten, iterativen Suchalgorithmus, bei dem die Empfangsintensitäten der drei Empfangszweige der Faseroptikeinrichtung *S* ausgewertet werden, wird nun erfindungsgemäß eine genaue Ausrichtung von Prüfling *P* und Faseroptikeinrichtung *S* durchgeführt, derart, daß die Symmetrieachsen des Prüflings *P* und der Faseroptikeinrichtung *S* miteinander fluchten. Nach Ablauf dieser Initialisierungsphase beginnt der eigentliche Meßvorgang, indem die Drehachse ω diskontinuierlich mit einer vorgebbaren Schrittzahl verfahren und auf diese Weise die Bohrungswand des Prüflings *P* durch die drei Lichtstrahlwege der Faseroptikeinrichtung *S* abgescannt wird. Während dieses Vorgangs werden die aufgenommenen analogen, abstandsproportionalen Meßsignale von einem schnellen Analog-Digital-Umsetzer (ADU) digitalisiert und in einem Meßwertspeicher zwischengespeichert. Nachdem alle Bohrungsschnittebenen des Prüflings *P*

erfaßt worden sind, erfolgt erfindungsgemäß eine rechnergesteuerte Signalverarbeitung und Auswertung des gesamten Meßdatensatzes sowie die alphanumerische und graphische Darstellung der gewonnenen Bohrungskenngrößen auf dem Bildschirm.

Fig. 2 zeigt eine konstruktive Ausführungsform der in der Meßvorrichtung verwendeten Faseroptikeinrichtung *S*. Dieser Aufnehmer besteht aus einer Tastkopfhülse 1 aus Edelstahl mit drei im Winkel von 120° auf den Umfang verteilten Austrittsöffnungen 2 für die Lichtstrahlwege. Die Endhülslenlänge beträgt 24 mm, der Hülseaußendurchmesser 2,2 mm und die Hülsewandstärke 0,2 mm. Die verwendeten Sende- und Empfangsfasern sind in drei flächengleiche Einzelbündel 3 aufgeteilt, wobei in jedem der Einzelbündel eine gleichförmige Verteilung der Sende- und Empfangsfasern vorgesehen ist. Die drei Einzelbündel sind nach der in Fig. 2 gezeigten Weise mit einem minimalen Biegeradius zu den jeweiligen Austrittsöffnungen geführt und mit einem Spezialkleber fixiert.

Bei dem verwendeten Fasertyp handelt es sich um Lichtwellenleiter aus Quarzglas mit einer numerischen Apertur von $NA=0,55$ entsprechend einem Öffnungswinkel von $\Theta=67^\circ$. Der Durchmesser der Einzelfaser beträgt $d_k=30 \mu\text{m}$, der Durchmesser jedes der drei Teilbündel 3 beträgt $d_B=0,6 \text{ mm}$.

Fig. 3 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform der in der Meßvorrichtung verwendeten Faseroptikeinrichtung *S*. Dieser Aufnehmer besteht aus einer Tastkopfhülse 4 aus Edelstahl mit drei im Winkel von 120° auf den Umfang verteilten Austrittsöffnungen 5 für die Lichtstrahlwege. Die Endhülslenlänge beträgt 24,5 mm, der Hülseaußendurchmesser 2,2 mm und die Hülsewandstärke 0,2 mm. Die verwendeten Sende- und Empfangsfasern sind in drei flächengleiche Einzelbündel 6 aufgeteilt, wobei in jedem der Einzelbündel 6 eine gleichförmige Verteilung der Sende- und Empfangsfasern vorgesehen ist. Diese Teilbündel 6 werden innerhalb der Tastkopf-Endhülse 4 so angeordnet, daß sie mit ihren Stirnflächen auf die drei Spiegelflächen 7 des in Fig. 4 gezeigten Dreikantspiegels 8 gerichtet sind. Dieser Dreikantspiegel 8 besteht aus einem kegelförmigen Grundkörper, dessen drei reflektierende Spiegelflächen 7 jeweils um einen Winkel von 45° zu seiner Symmetrieachse geneigt sind.

Bei dem verwendeten Fasertyp handelt es sich um Lichtwellenleiter aus Quarzglas mit einer numerischen Apertur von $NA=0,19$ entsprechend einem Öffnungswinkel von $\Theta=22^\circ$. Der Durchmesser der Einzelfaser beträgt $d_k=70 \mu\text{m}$, der Durchmesser jedes der drei Teilbündel 6 beträgt $d_B=0,6 \text{ mm}$.

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der in der Meßvorrichtung verwendeten Faseroptikeinrichtung *S*. Dieser Aufnehmer besteht aus einer Tastkopfhülse 9 aus Edelstahl mit drei im Winkel von 120° auf den Umfang verteilten Austrittsöffnungen 10 für die Lichtstrahlwege. Die Endhülslenlänge beträgt 21 mm, der Hülseaußendurchmesser 2,2 mm und die Hülsewandstärke 0,2 mm. Die verwendeten Sende- und Empfangsfasern sind in drei flächengleiche Einzelbündel 11 aufgeteilt, wobei in jedem der Einzelbündel eine gleichförmige Verteilung der Sende- und Empfangsfasern vorgesehen ist. Diese Teilbündel 11 werden innerhalb der Tastkopfhülse 9 so angeordnet, daß sie mit ihren Stirnflächen jeweils auf die drei Spiegelflächen 12 der in Fig. 6 dargestellten Einzelspiegel 13 gerichtet sind. Bei den drei Einzelspiegeln 13 handelt es sich um Miniatur-Präzisionsspiegel, die aus einem zylinderförmigen Grund-

körper 14 hergestellt und mit einem Zapfen 15 versehen sind. Nach dem Einfügen der Zylinderkörper 14 in die Tastkopfhülse 9 kann mit Hilfe dieser Zapfen 15 eine Justierung der Spiegelflächenausrichtung erfolgen. Nach erfolgter Einstellung werden die Grundkörper 14 mit einem Spezialkleber fixiert und die Zapfen 15 abgeschliffen.

Bei dem verwendeten Fasertyp handelt es sich um Lichtwellenleiter aus Quarzglas mit einer numerischen Apertur von $NA=0,19$ entsprechend einem Öffnungswinkel von $\Theta=22^\circ$. Der Durchmesser der Einzelfaser beträgt $d_k=70\ \mu\text{m}$, der Durchmesser jedes der drei Teilbündel 11 beträgt $d_B=0,6\ \text{mm}$.

Fig. 7 zeigt die erfindungsgemäße Verteilung der Sende- (16) und Empfangsfasern (17) in den drei oben geschilderten, aufnehmenden Faseroptikeinrichtungen S. Die Einzelfasern sind in den Teilbündeln bei einer größtmöglichen Packungsdichte gleichförmig angeordnet.

Fig. 8 zeigt den prinzipiellen Kennlinienverlauf, welcher der in Fig. 7 dargestellten Verteilungsform zugeordnet ist. Dargestellt ist die auf das Maximum I_m bezogene Kennlinie der Empfangsintensität I in Abhängigkeit von dem auf den Bündeldurchmesser d bezogenen Abstand x der Faserstirnflächen von der Werkstückoberfläche.

Fig. 9 zeigt das Blockschaltbild der Ansteuer- und Auswertelektronik für die geschilderte Meßvorrichtung. Dieses Rechner-Subsystem besteht aus Einzelbaugruppen, dessen Adreß-, Daten- und Steuerleitungen über einen gemeinsamen Bus verbunden sind. Kernstück bildet eine Steuerprozessorkarte (CPU) mit einem Z80A-Prozessor. Die Systemspeichereinheit (SYSTEM) besteht aus einem EPROM-Festwertspeicher, aus diesem wird das Systemladeprogramm aufgerufen. Zur Aufnahme von Systemvariablen, Sprungvektoren und Datentabellen sind darüber hinaus CMOS-batteriegepumpte RAM-Speicher eingesetzt. In einem Solid-State-Speicherblock (USRPROG), der eine Größe von 256 KByte besitzt, sind die notwendigen Ablaufsteuerprogramme zur Datenerfassung, Zwischenspeicherung und Verarbeitung abgelegt. Eine Schrittmotorsteuer- und Treiberkarte (SMCNT) übernimmt die Positionierung von Prüfling und faseroptischem Aufnehmer. An den faseroptischen Analogverstärker (FAV) schließt sich ein Analog-Digital-Umsetzer (ADU) an, der die Quantisierung des analogen Meßsignals übernimmt. Über eine Reihe von menügeführten Wahlmöglichkeiten können hierbei Abtastzeitpunkt, Abtastrate, Anzahl der Meßwerte, Datenformat usw. ausgewählt werden. Ein schneller Solid-State-Meßwertzwischenspeicher (MESSMEM) mit einer Kapazität von 1 MByte nimmt die vorverarbeiteten Meßdaten auf. Über eine spezifische Anwendertastatur und einen 5,25-Zoll-Bildschirm können vom Benutzer Steuer- und Abfragebefehle eingegeben werden, eine visuelle Prozeßüberwachung ist möglich. Mit Hilfe der Schnittstellenbaugruppe (INTFC), die über zwei serielle und zwei parallele Datenschnittstellen verfügt, können die komprimierten Meßdaten an einen übergeordneten Leitrechner zur weiteren (graphischen) Verarbeitung übertragen werden.

Fig. 10 zeigt das Blockschaltbild der Sende und Empfangselektronik für die Faseroptikeinrichtung S. Das intensitätsproportionale Ausgangssignal der mit einem Tageslichtsperrfilter versehenen Infrarot-Fotodioden 18 wird von einem Transimpedanzverstärker 19 verstärkt und auf einen weiteren Analog-Rechenverstärker

20 geleitet. Dieser nimmt eine Empfindlichkeitsanpassung des Ausgangssignales vor. Das Signal wird anschließend auf einen Sample-and-Hold-Baustein 21 geleitet und über einen Analog-Multiplexer 22 dem als Impedanzwandler geschalteten Ausgangsverstärker 23 zugeführt. Das auf die Infrarot-Fotodioden 24 gelangende Referenzsignal der Referenzlichtleiterstrecke wird nach der Intensitäts-Spannungswandlung über Analogmultiplexer 25 auf einen Transimpedanzverstärker 26 geleitet und gelangt von dort zu einem Analog-Rechenverstärker 27. An diesem wird darüber hinaus mit Hilfe einer sehr stabilen Referenzspannungsquelle ein Sollwert zur Verfügung gestellt. Aus der Differenz dieser beiden Spannungswerte bildet der Analog-Rechenverstärker 27 eine Regelspannung, die über einen Analog-Multiplexer 28 an die Steuereingänge von Treibertransistoren 29 geführt werden. Hiermit wird der Durchsteuerungsgrad und damit die Sendelichtintensität der Infrarot-Sendelichtdioden 30 geregelt.

Eine Timer-/Taktgeber-Schaltung 31 sorgt für die zeitliche Ablaufsteuerung der Multiplexerbetriebe des Regelkreises und des Ausgangssignals. Sie koordiniert darüber hinaus die Steuerung der Sample-and-Hold-Stufen sowie die Übergabe von Kanal-Nummern an einen Analog-Digital-Umsetzer.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vermessen des Innendurchmessers und der Formabweichungen von kleinen Bohrungen, indem Lichtwellen ausgesandt werden und deren Reflexion ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht einer faseroptischen Sendelichteinrichtung in das Eintrittsende einer speziellen Faseroptikeinrichtung eingespeist wird, in der Faser geleitet und am Austrittsende herausgeführt wird und von einer Bohrungswand so reflektiert wird, daß es am Austrittsende der Faseroptikeinrichtung wieder eingekoppelt, zu einer faseroptischen Empfangseinrichtung geleitet und von dieser in abstandsproportionale Spannungswerte umgeformt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Intensitätsverlauf der reflektierten Strahlstärken und den dazu proportionalen Spannungswerten der faseroptischen Empfangseinrichtung (18) die Kontur und der Innendurchmesser von kleinen Bohrungen rechnergestützt ermittelt wird, derart, daß die Abweichungen zu einer zuvor durchgeführten Vergleichsmessung mit Hilfe eines hochgenauen Einstellnormals gleichen Innendurchmessers und gleicher Oberflächenkontur des Prüflings erfaßt werden und der Einfluß von lokalen Schwankungen der Rauigkeit und des Krümmungsradius des Prüflings mit Hilfe eines speziellen Algorithmus berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendelicht der faseroptischen Sendelichteinrichtung (30) in drei symmetrische Lichtwege (3, 6, 11) aufgeteilt und am Austrittsende der Faseroptikeinrichtung (S) durch drei um jeweils im Winkel von 120° versetzten Austrittsöffnungen (2, 5, 10) hindurch, welche sich in der gleichen Schnittebene befinden, auf die Bohrungswand auftreffen kann.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur berührungslosen dimensionellen Vermessung des Innendurchmessers und der Formabweichun-

gen von kleinen Bohrungen nach einem der Ansprüche 1 bis 3 mit Hilfe einer Meßeinrichtung, die eine Sendelichteinrichtung und eine Auswertungseinrichtung umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendelichteinrichtung aus einer faseroptischen 5
Lichteinrichtung (30) besteht, deren Licht das Eintrittsende einer Faseroptikeinrichtung (S) aufnimmt, daß die Faser in der Faseroptikeinrichtung (S) das Licht leitet und am Austrittsende herausführt und daß das von einer Bohrungsinne- 10
wand reflektierte Licht am Austrittsende der Faseroptikeinrichtung wieder eingekoppelt zu einer optischen Empfangseinrichtung geleitet wird, die das Licht in abstandsproportionale Spannungswerte umformt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Faseroptikeinrichtung (S) das Sendelicht der faseroptischen Sendelichteinrichtung (30) in drei symmetrische Lichtwege (3, 6, 11) aufteilt und daß am Austrittsende der Faseroptikeinrichtung (S) das Licht durch drei um jeweils im 20
Winkel von 120° versetzte Austrittsöffnungen (2, 5, 10) austritt, die sich in der gleichen Schnittebene befinden, in der das Licht auf die Bohrungsinne- wand auftrifft.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch 25
gekennzeichnet, daß die drei Sende- und Empfangsfaserbündel (3, 6, 11) mit einer gleichförmigen Verteilung der einzelnen Sende- und Empfangsfasern (16, 17) in diesen Bündeln versehen werden, so daß sich aufgrund dieser Anordnung eine maximale 30
Empfindlichkeit ergibt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Zusammenhang zwischen der Intensität des reflektierten Empfangslichtes und dem Abstand der (virtuellen) Faserstirnflächen von der 35
Bohrungsinne- wand im Bereich der maximalen Steigung der Kennlinie liegt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung der verwendeten Lichtleitfasern die Umlenkung der 40
Lichtstrahlwege erzielt und daß die drei querschnittsgleichen Sende- und Empfangsfaserbündel (3) mit einem minimalen Biegeradius im Inneren der Sensorendhülle so verlegt und fixiert sind, daß der Lichtaustritt des Sendelichtes und der Ein- 45
tritt des von der Bohrungsinne- wand reflektierten Empfangslichtes um einen Winkel von jeweils 90° zur Längsachse der Sensorendhülle erfolgen kann.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß Einzelfasern aus Quarzglas mit einem 50
Öffnungswinkel von $\Theta = 67^\circ$ entsprechend einer numerischen Apertur von $NA = 0,55$ eingesetzt werden und bei den Konstruktionsvarianten nach Anspruch 5 und 6 Einzelfasern aus Quarzglas mit einem Öffnungswinkel von $\Theta = 22^\circ$ entsprechend 55
einer numerischen Apertur von $NA = 0,19$ eingesetzt werden.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelfasern einen Kerndurchmesser von $d_k = 30 \mu m$ besitzen. 60

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkung der Lichtstrahlwege durch den Sensorenhüllen zugeordneten Spiegel erfolgt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß in die Sensorenhülle ein kegel- 65
förmig geschliffener Präzisionsminiaturspiegel (8) eingefügt ist, der drei reflektierende Flächen (7)

aufweist, die jeweils um einen Winkel von 45° zur Längsachse der Sensorendhülle geneigt sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß in die Sensorendhülle drei einzelne, aus einem zylinderförmigen Grundkörper (15) hergestellte und am Grundkörper (15) befestigte Miniatur-Präzisionsspiegel (13) eingefügt sind, wobei jeder der drei Präzisionsspiegel (13) eine um den Winkel von 45° zur Längsachse der Sensorendhülle geneigte Fläche (12) aufweist und mit Hilfe der drei Zapfen (15) eine Feinjustierung erfolgen kann, derart, daß die drei Grundkörper (14) mit den darauf befindlichen Spiegelflächen (12) um ihre Längsachse gedreht werden können.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß Einzelfasern aus Quarzglas mit einem Öffnungswinkel von $\Theta = 22^\circ$ entsprechend einer numerischen Apertur von $NA = 0,19$ eingesetzt werden.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Dimensionierung der faseroptischen Sendelichteinrichtung Infrarot-Sender (30) eingesetzt werden, die ihr spektrales Intensitätsmaximum bei einer Wellenlänge von $\lambda = 880 \text{ nm}$ besitzen.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Infrarotlicht der faseroptischen Sendelichteinrichtung (30) mit einer Frequenz von 1 kHz und einem Tastverhältnis von 1 moduliert wird.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß in der Ansteuer- und Auswerteelektrik eine Intensitätsregelung der faseroptischen Sendelichteinrichtungen vorgenommen wird, derart, daß das von dem Transimpedanzverstärker (26) verstärkte Signal der Referenzempfangsdiode (24) durch einen Analog-Rechenverstärker (27) mit einem vorgebbaren Sollwert verglichen wird und daß das aus diesem Vergleich gewonnene Ausgangssignal des Analog-Rechenverstärkers (27) eine Stromregelung der faseroptischen Sendelichteinrichtungen (30) vornimmt.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die faseroptische Empfangslichteinrichtung (18) mit einem sogenannten Tageslichtsperrfilter zur Unterdrückung von Nebenlichteinflüssen versehen ist.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

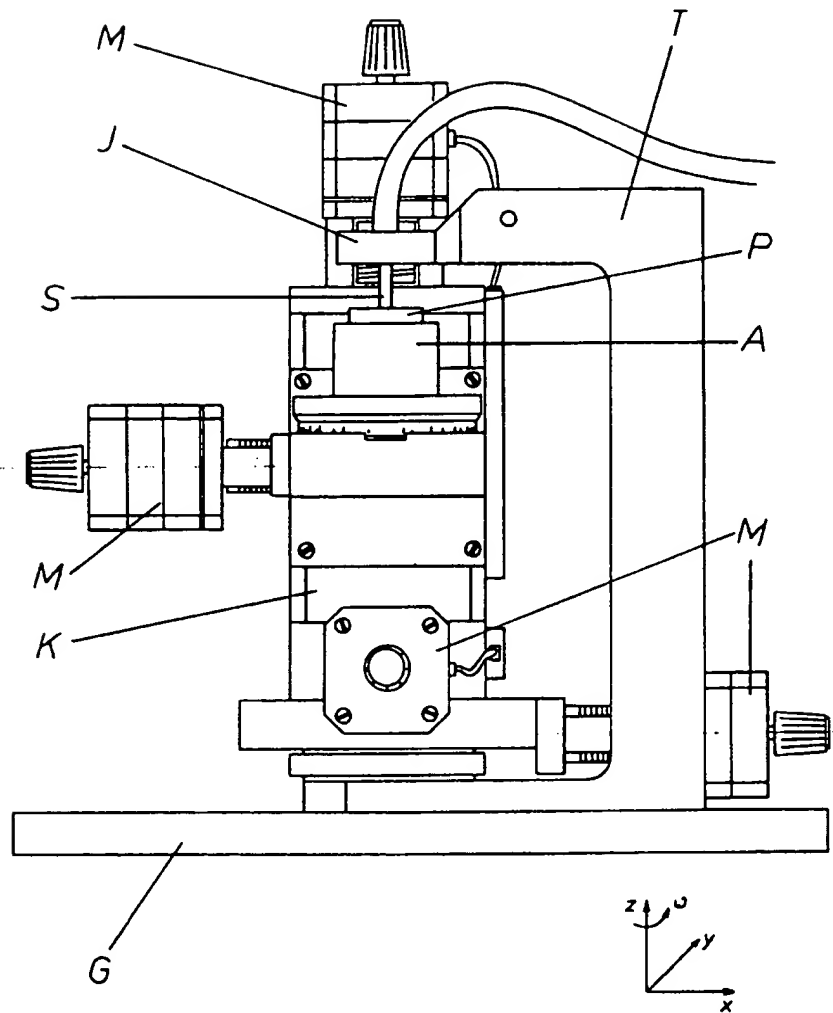


Fig.1

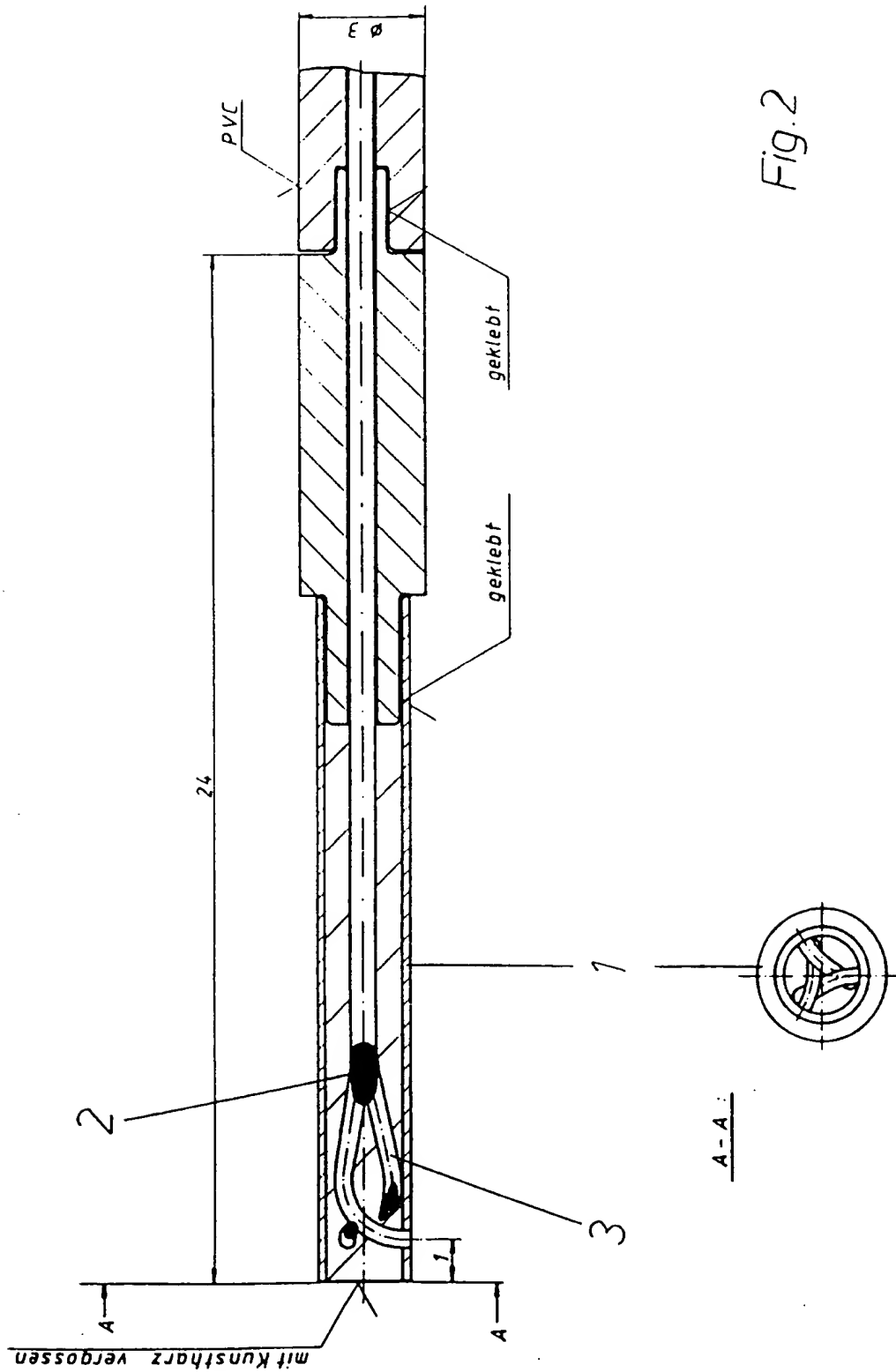


Fig. 2

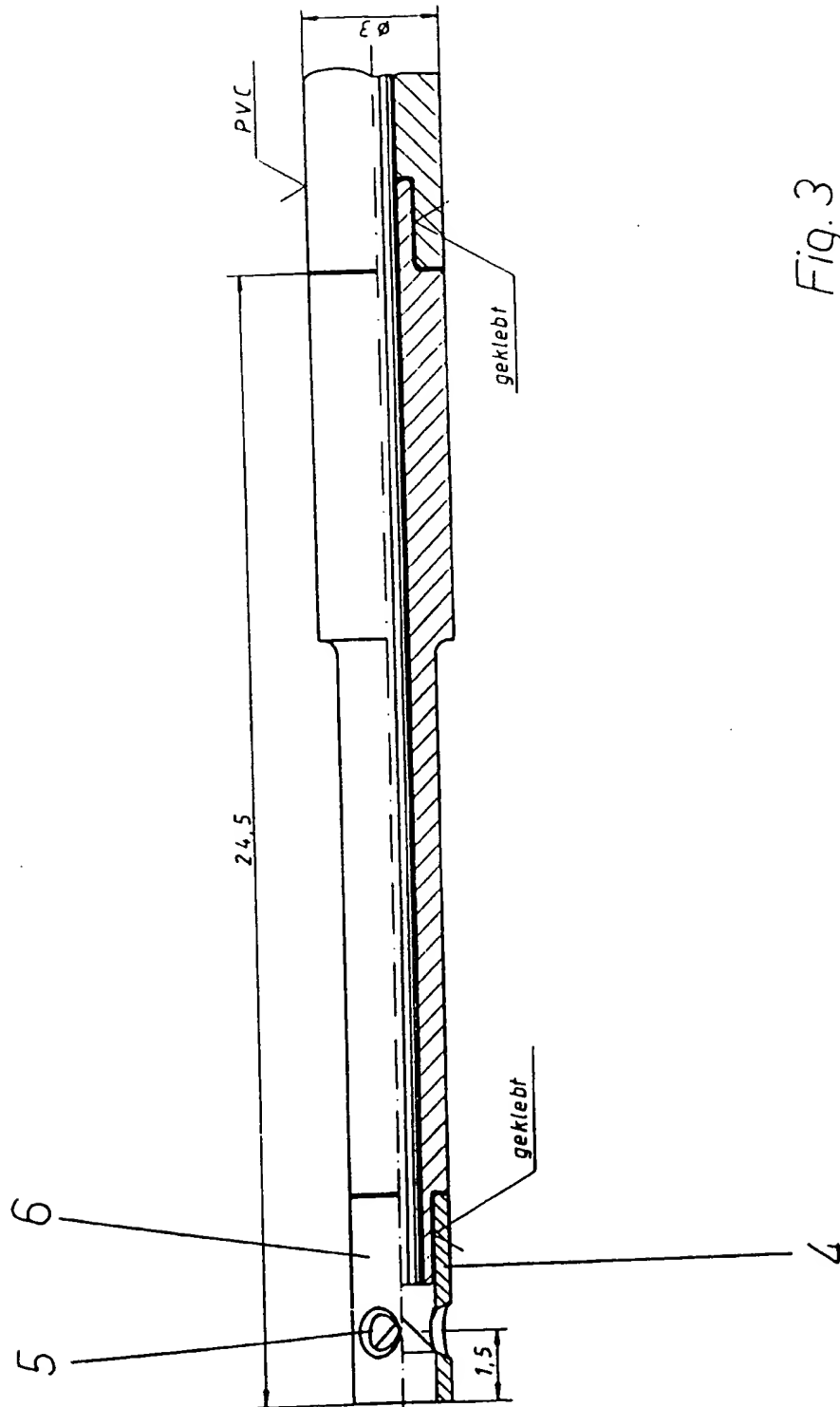


Fig. 3

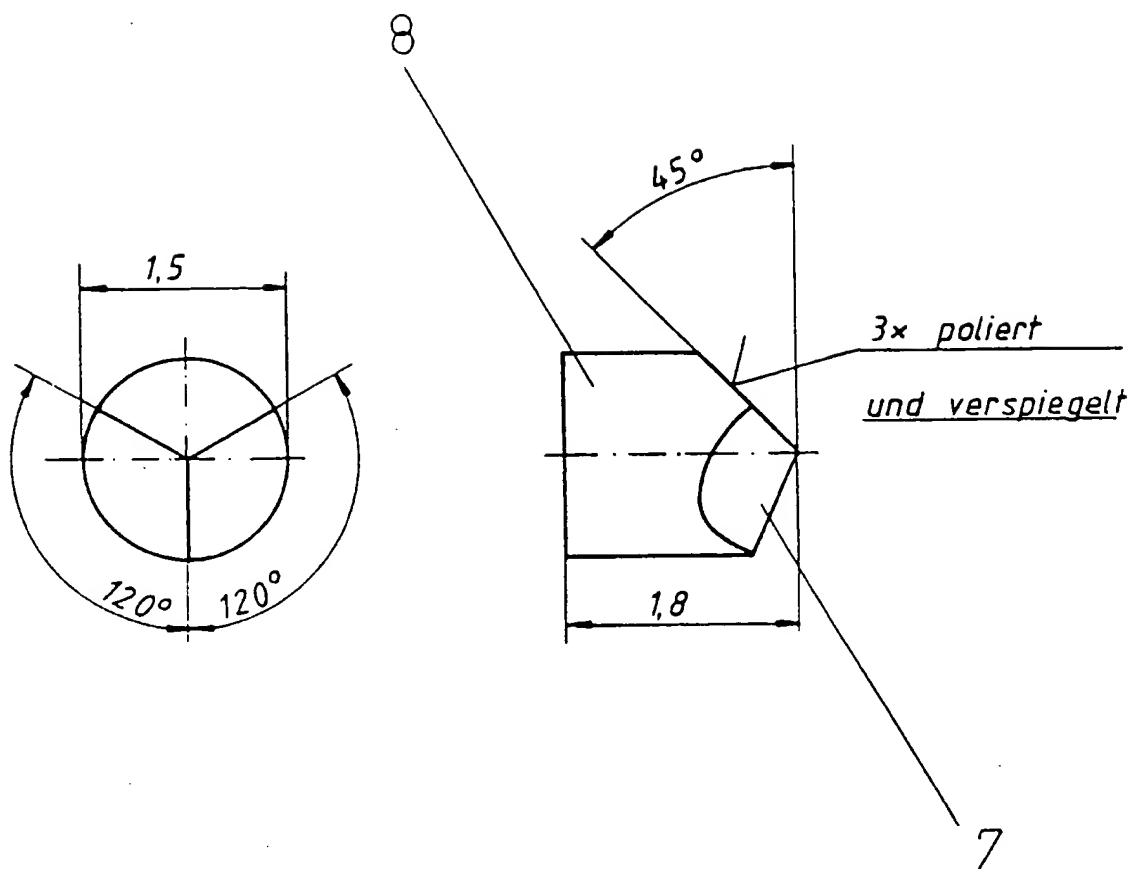


Fig. 4

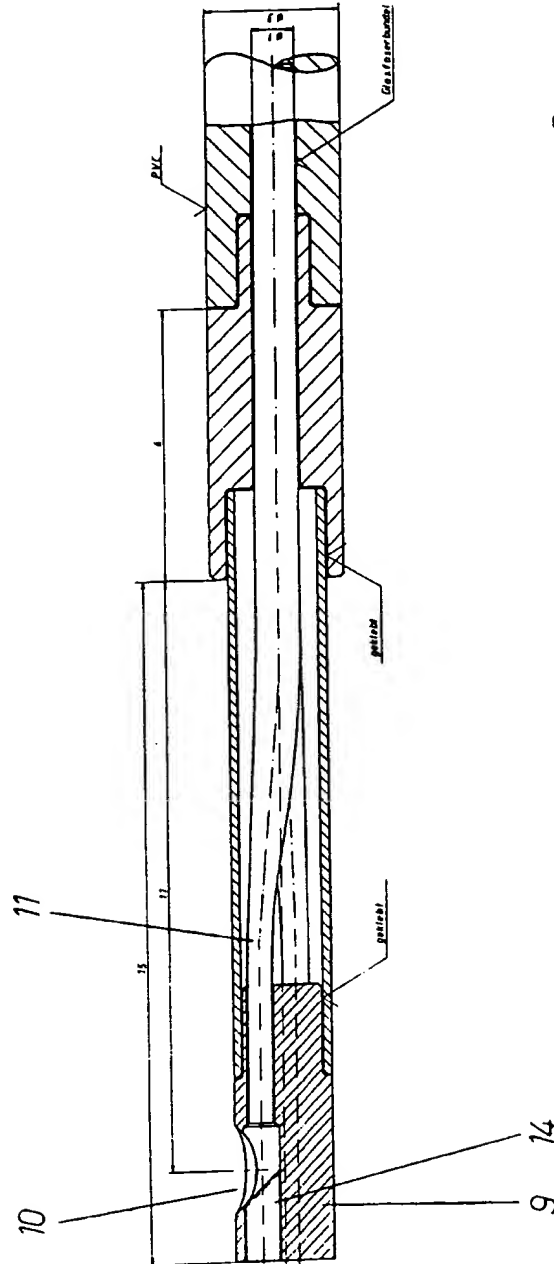


Fig. 5

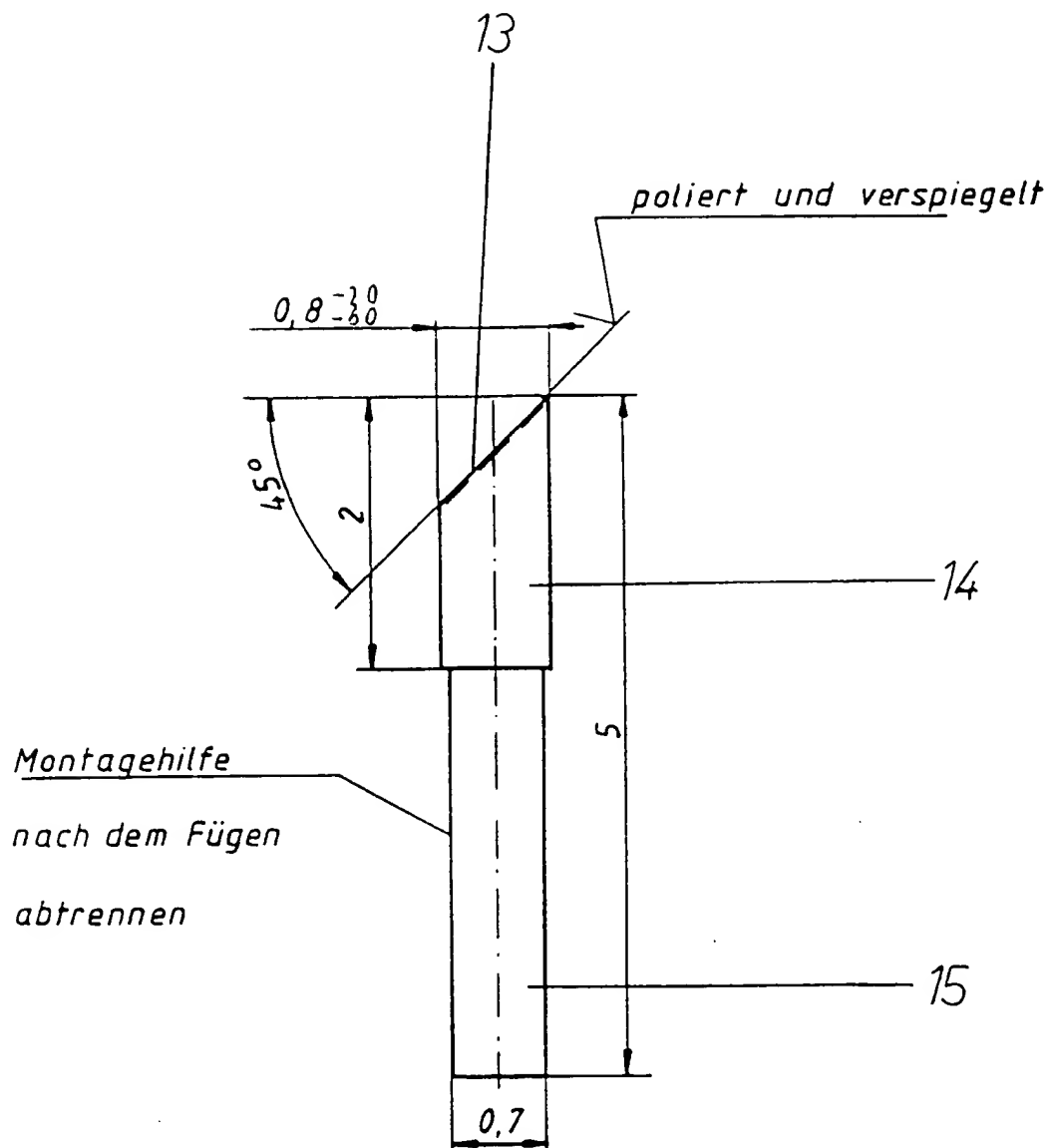


Fig. 6

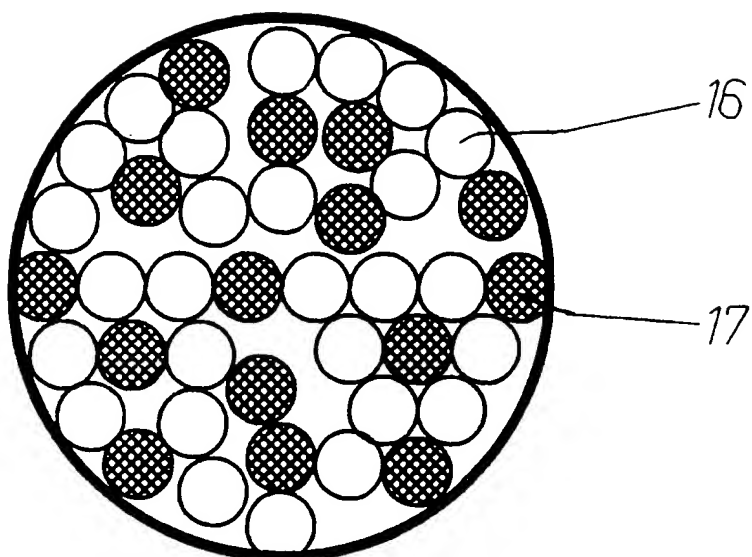


Fig. 7

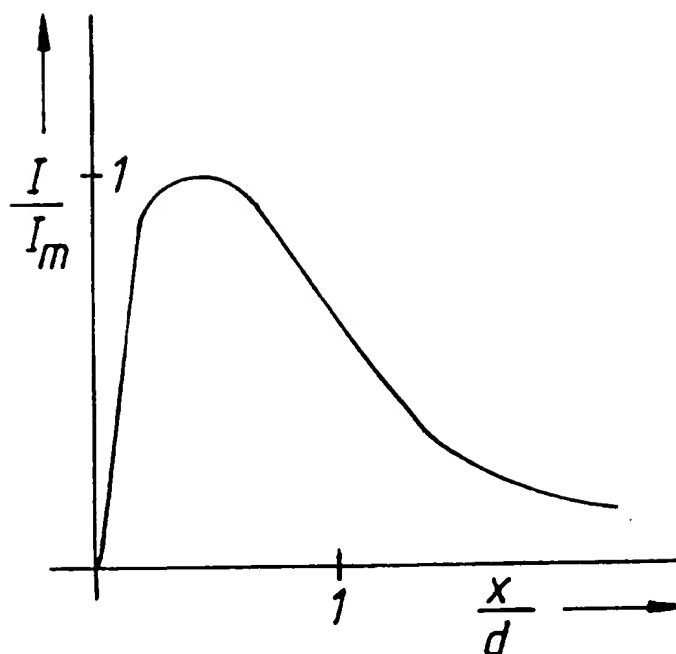


Fig. 8

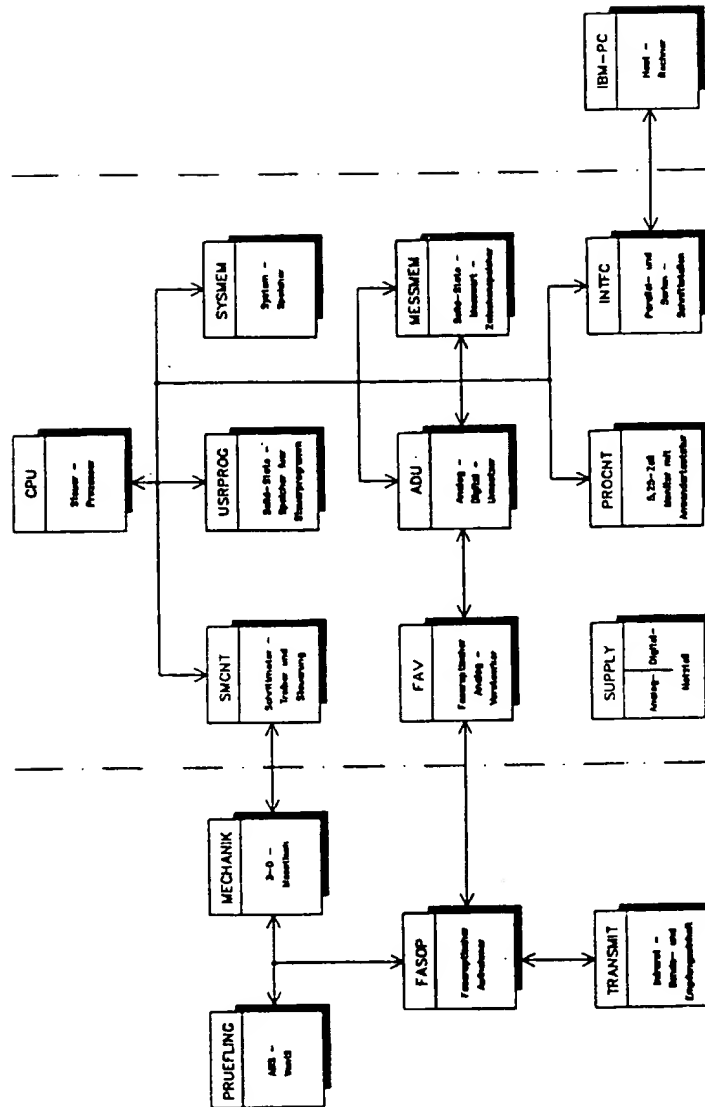


Fig.9

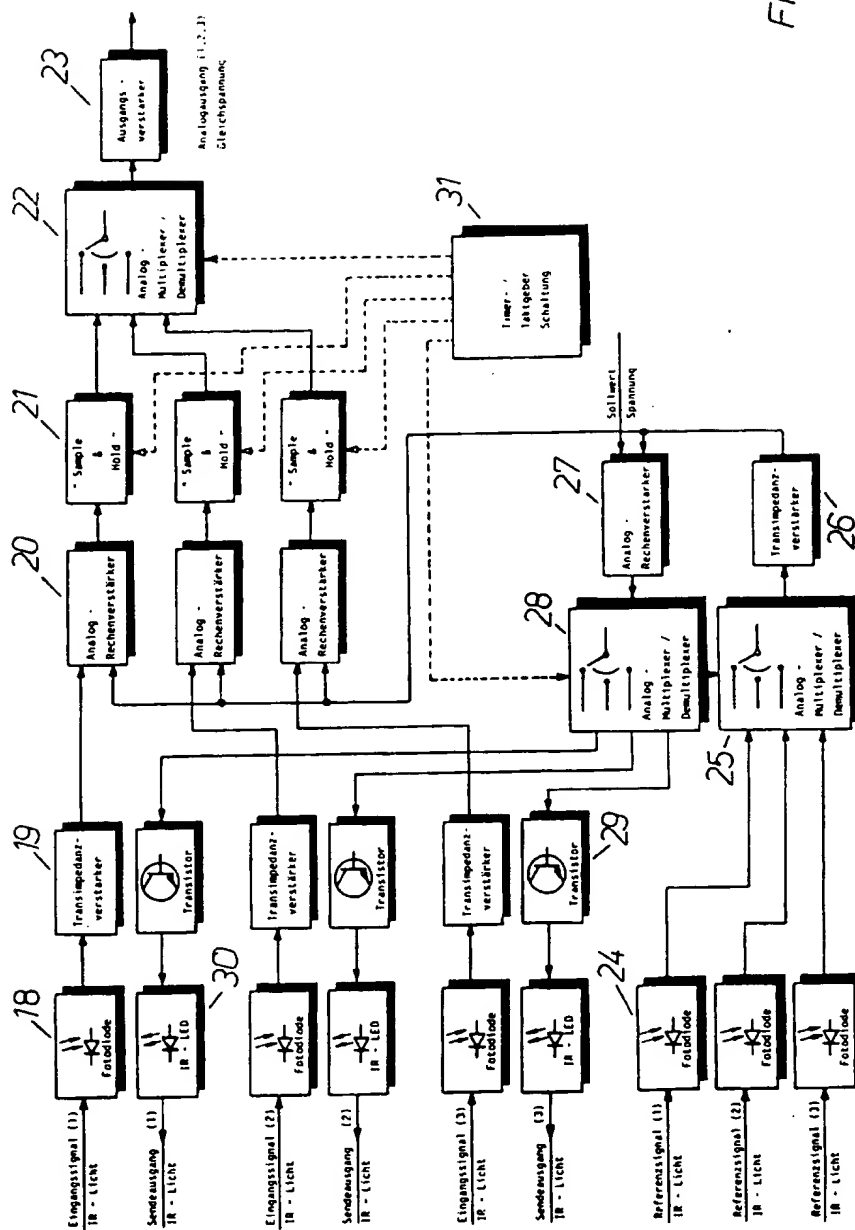


Fig. 10